

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчёт по лабораторной работе
Дисциплина: Телекоммуникационные технологии
Тема: Аналоговая модуляция

Выполнил студент группы 33501/3

(подпись) П.М.Шувалов

Преподаватель

(подпись) Н.В.Богач

Санкт-Петербург
2017

1 Лабораторная работа №4. Аналоговая модуляция

1.1 Цель

Изучение амплитудной модуляции/демодуляции сигнала.

1.2 Постановка задачи

1. Сгенерировать однотоновый сигнал низкой частоты.
2. Выполнить амплитудную модуляцию для различных значений глубины модуляции M , используя встроенную функцию Matlab `ammod`.
3. Получить спектр модулированного сигнала.
4. Выполнить модуляцию с подавлением несущей. Получить спектр.
5. Выполнить однополосную модуляцию.
6. Выполнить синхронное детектирование и получить исходный сигнал.
7. Рассчитать КПД модуляции.

1.3 Теоретические положения

Часто, при создании систем передачи информации, оказывается, что спектр исходного сигнала, подлежащий передаче, сосредоточен не на частотах, эффективно пропускающих имеющийся канал связи. Также бывает необходимо в одном и том же канале передавать несколько сигналов одновременно. Для решения данных задач используется частотное разделение каналов, при которых сигналы занимают неперекрывающиеся полосы частот. Далее, иногда требуется, чтобы передаваемый сигнал был узкополосным, т.е. $\delta(f) \ll f_0$.

Для решения указанной проблемы используется модуляция.

Модуляция - это трансформация исходного сигнала, так чтобы требования, предъявляемые к занимаемой сигналом полосе частот, были выполнены, а сам исходный сигнал можно было восстановить.

Сущность модулирования заключается в следующем: формируется гармоническое колебание, называемое несущей, и какой-либо из параметров этого колебания изменяется во времени пропорционально исходному сигналу. Исходный сигнал называют - модулирующим, а результирующее колебание с измененными во времени параметрами - модулированным сигналом.

Демодуляция - обратный процесс модуляции - выделение модулирующего сигнала из модулированного колебания.

Гармонический сигнал общего вида:

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

1.4 Однотоновая амплитудная модуляция

АМ-сигнал можно записать в следующем виде:

$$S_{AM}(t) = (A_0 + K S_M(t)) \cos(\omega_0 t + \phi_0).$$

Коэффициент модуляции или глубинная модуляция - отношение между амплитудами модулирующего сигнала A_M и несущего колебания A_0 :

$$m = A_M/A_0.$$

Коэффициент модуляции должен лежать в диапазоне 0..1. При $m > 1$ происходит перемодуляция.

Максимальное значение огибающей однотонового АМ-сигнала:

$$A_{max} = A(1 + m)$$

Минимальное значение огибающей однотонового АМ-сигнала:

$$A_{min} = A(1 - m)$$

1.5 Энергетические соотношения в АМ-сигнале

Так как максимальная амплитуда равна $A_0(1 + m)$, пиковая мощность составляет:

$$P_{max} = A_0^2(1 + m)^2$$

Средняя мощность АМ-сигнала:

$$P_{cp} = \frac{A_0^2}{2} + \frac{A_0^2 m^2}{4}$$

Первое слагаемое - мощность немодулированной несущей. Второе - полезная мощность, заключенная в боковых частотах.

Коэффициент полезного действия амплитудной модуляции:

$$\eta_{AM} = \frac{m^2}{m^2 + 2}$$

При максимально допустимом значении модуляции ($m=1$) КПД равен 33 процентам, отсюда следует, что две трети мощности тратится на передачу бесполезной в информационном отношении несущей.

1.6 Демодуляция АМ

Демодуляция АМ-сигнала можно выполнить следующими способами:

1 способ. Имитировать работу аналогового двухполупериодного детектора. Вычислить модуль входного АМ-сигнала, после чего сгладить получившиеся однополярные косинусоидные импульсы, пропустив их через ФНЧ. Но данный способ не будет работать в случае перемодуляции.

2 способ. Синхронное детектирование. Его суть заключается в умножении частоты сигнала на опорное колебание с несущей частотой, в результате чего получим два слагаемых: первое - это искомая амплитудная функция, второе - АМ-сигнал с несущей частотой $2\omega_0$:

$$y(t) = \frac{1}{2}A(t) + \frac{1}{2}A(t)\cos(2\omega_0 t + 2\phi_0)$$

Но в данном случае необходимо очень точно совпадение начальных фаз и частот опорного колебания демодулятора и несущего колебания АМ-сигнала. При совпадении частот, но несовпадении начальных фаз выходной низкочастотный сигнал оказывается умноженным на косинус фазовой ошибки. Т.о. при наличии фазовой ошибки уровень полезного сигнала на выходе демодулятора падает, а при ошибке равной 90 градусов, становится равен нулю. При наличии частотного сдвига - выходной сигнал оказывается умноженным на гармоническое колебание с разностной частотой. В результате выходной сигнал будет изменяться с частотой $\delta(\omega)$.

Но главным достоинством синхронного детектирования является то, что оно позволяет правильно демодулировать сигнал в случае демодуляции.

1.7 АМ с подавленной несущей

Для повышения КПД амплитудной модуляции следует удалить бесполезное несущее колебание, отказавшись от добавления постоянно составляющей к модулирующему сигналу. Данный способ и называется АМ с подавленной несущей.

$$S(t) = S_M(t)\cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

При этом энергетический выигрыш велик, благодаря чему, КПД становится равным 100 процентов. Ширина спектра АМ-сигнала с подавленной несущей такая же как и с обычной АМ.

1.7.1 Демодуляция АМ с подавленной несущей

Демодуляция АМ с подавленной несущей может выполняться путем синхронного детектирования.

1.8 Однополосная модуляция

Так как спектры двух боковых полос АМ-сигнала являются зеркальным отражением друг друга, то одну из боковых полос можно удалить. Получающаяся модуляция называется однополосной.

При однополосной модуляции происходит сдвиг спектра сигнала в окрестности частоты несущей колебания.

Спектр однополосного сигнала в два раза уже, чем обычный АМ.

1.8.1 Демодуляция однополосного сигнала

Демодуляция однополосного сигнала возможна методом синхронного детектирования - путем умножения на опорное колебание. Результат умножения содержит два слагаемых. Первое - модулирующий сигнал, второе - однополосный сигнал на удвоенной несущей $2\omega_0$:

$$y(t) = \frac{1}{2}x(t) + \frac{1}{2}x(t)\cos 2\omega_0 t + -\frac{1}{2}x(t)\sin 2\omega_0 t$$

2 Ход работы

С помощью функций Matlab синтезируется гармонический сигнал низкой частоты, затем производится его модуляция. Полученный сигнал переводится в частотную область для построения спектров. Затем сигнал демодулируется и сравнивается с исходным.

2.0.1 Листинг программы

```
Fs = 100;
t = -pi/2:1/Fs:pi/2;
Fc = 10;
signal = sin(2*pi*t);
amp = [0.1 0.3 0.5 1 2];

for i = 1:length(amp)
    modulated_signals(i,:) = ammod(signal, Fc, Fs, 0, amp(i));
    subplot(2,5,i);
    plot(t, modulated_signals(i,:), t, signal, 'r');

    n(i) = 2.^nextpow2(length(modulated_signals(i,:)));
    spec(i,:) = fft(modulated_signals(i,:), n(i));
    f_spec(i,:) = -Fs/2:Fs/n(i):Fs/2-Fs/n(i);

    subplot(2,5,i+5);
    stem(f_spec(i,:), abs(fftshift(spec(i,:))));
end

ampl_mod = ammod(signal, Fc, Fs, 0, 1);
supressed_mod = ammod(signal, Fc, Fs);
singleside_mod = ssbmod(signal, Fc, Fs, 0);

simple_plot(ampl_mod, signal, t);
simple_plot(supressed_mod, signal, t);
simple_plot(singleside_mod, signal, t);

ampl_spectrum_plot(ampl_mod, Fs);
ampl_spectrum_plot(supressed_mod, Fs);
ampl_spectrum_plot(singleside_mod, Fs);

ampl_mod_demod = amdemod(ampl_mod, Fc, Fs, 0, 1);
supressed_mod_demod = amdemod(supressed_mod, Fc, Fs);
singleside_mod_demod = ssbmod(singleside_mod, Fc, Fs);

plot_demod(signal, ampl_mod_demod, t);
plot_demod(signal, supressed_mod_demod, t);
plot_demod(signal, singleside_mod_demod, t);
```

```
function [] = simple_plot(signal_1, signal_2, timeline)
figure;
plot(timeline, signal_1, timeline, signal_2, 'r');
end
```

```
function [] = ampl_spectrum_plot(signal, Fs)
n = 2.^nextpow2(length(signal));
spec = fft(signal ,n);
f_spec = -Fs/2:Fs/n:Fs/2-Fs/n;
figure;
stem(f_spec,abs(fftshift(spec)));
end
```

```
function [] = plot_demod(signal_1, signal_2, timeline)
figure;
subplot(2, 1, 1);
hold on;
plot(timeline, signal_1, timeline, signal_2, 'r');
hold off;
subplot(2, 1, 2);
hold on;
plot(timeline, abs(signal_2 - signal_1));
end
```

2.1 Результаты

2.1.1 Модуляция

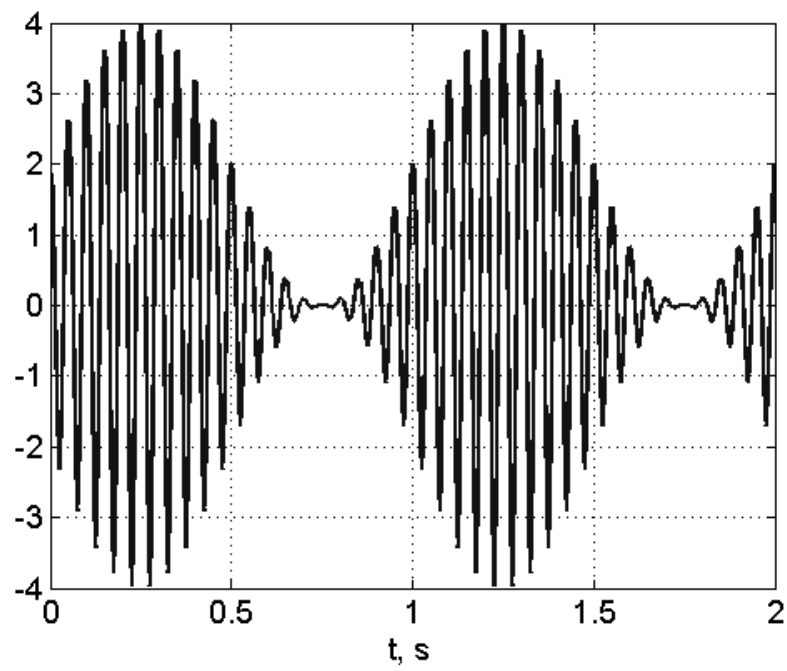


Рис. 1: Амплитудная модуляция

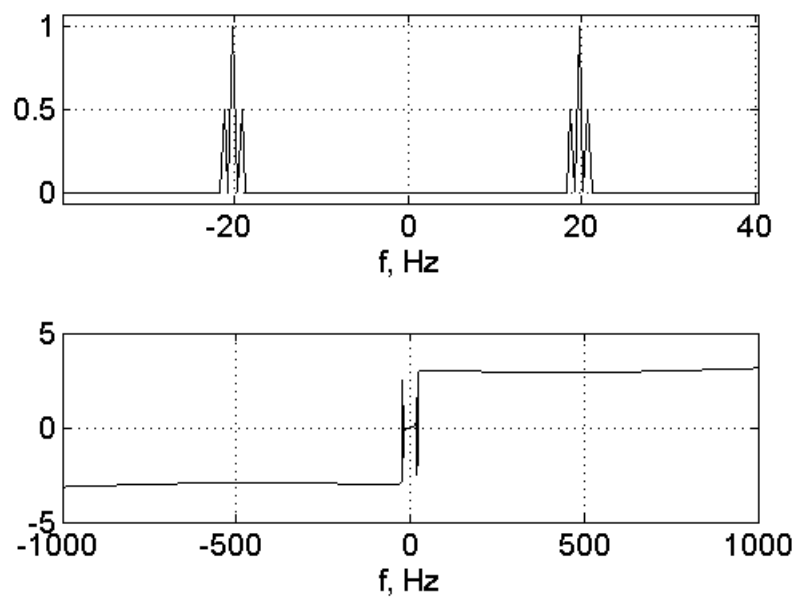


Рис. 2: Спектр амплитудной модуляции

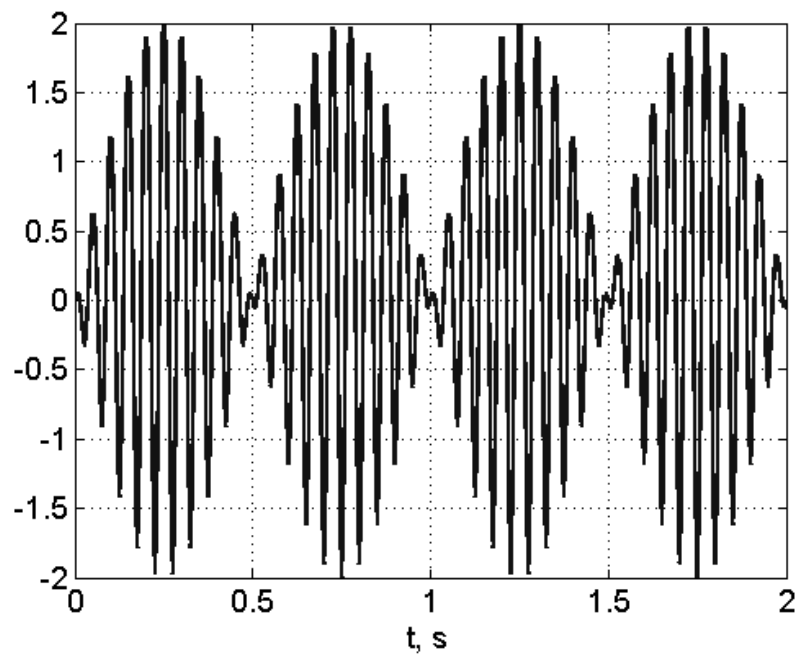


Рис. 3: Амплитудная модуляция с подавлением несущей

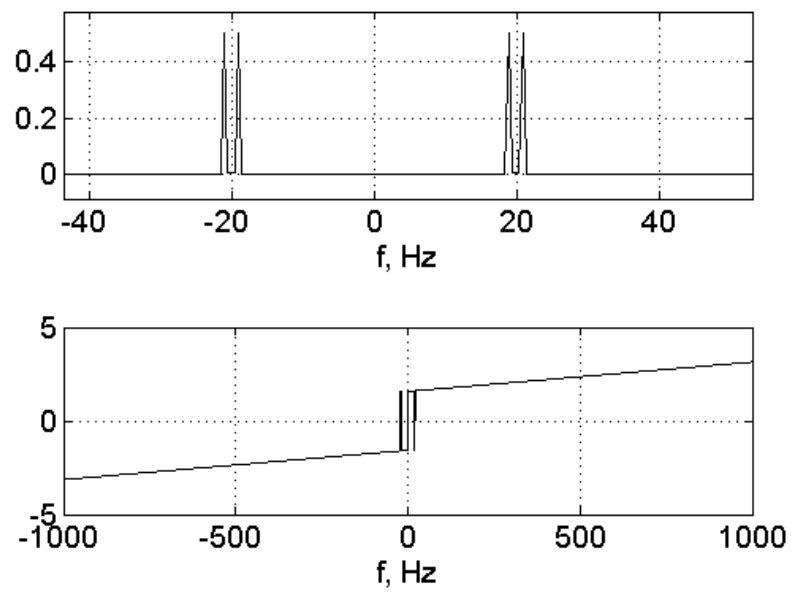


Рис. 4: Спектр амплитудной модуляция с подавлением несущей

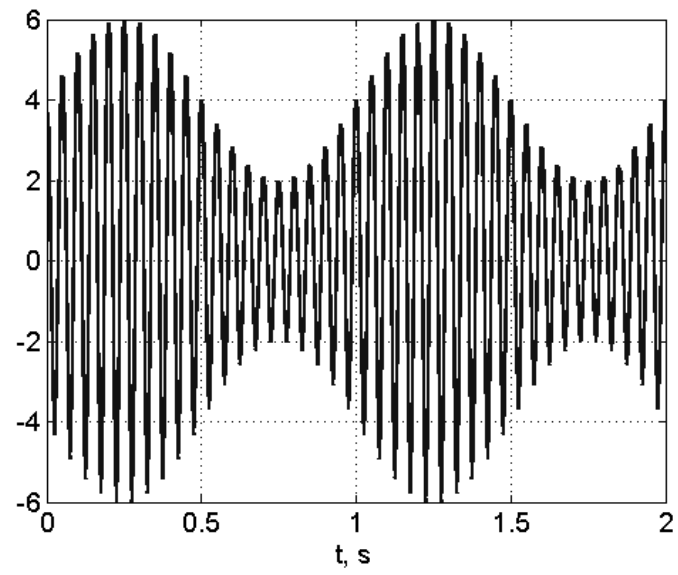


Рис. 5: Односторонняя модуляция

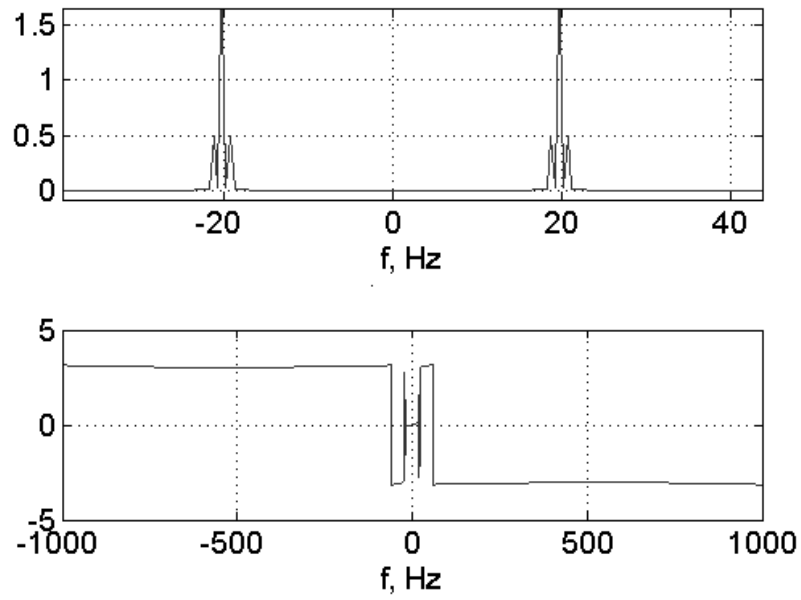


Рис. 6: Спектр односторонней модуляции

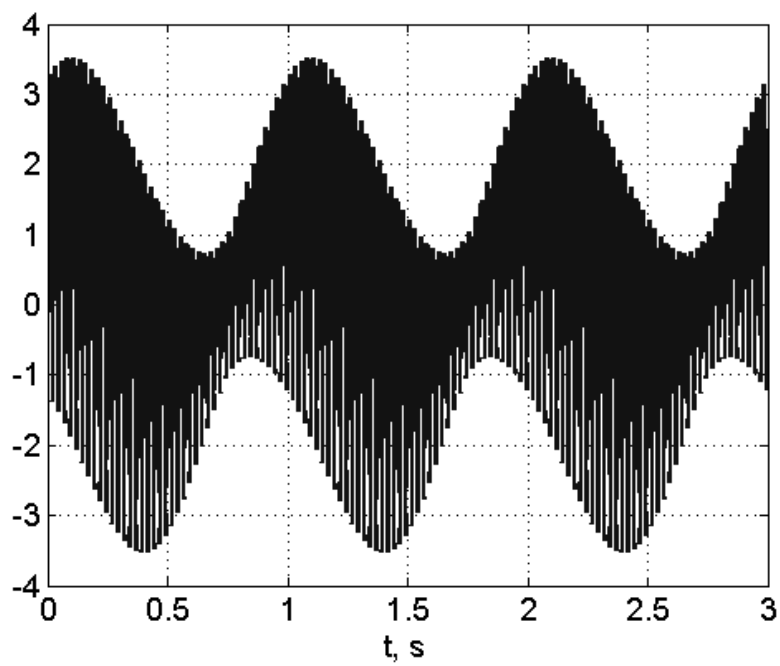


Рис. 7: Синхронное детектирование

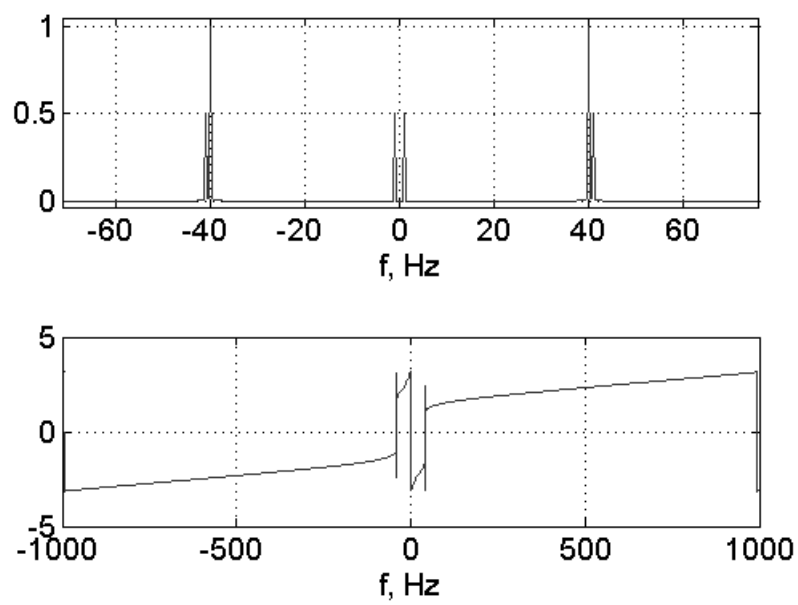


Рис. 8: Спектр демодулированного сигнала

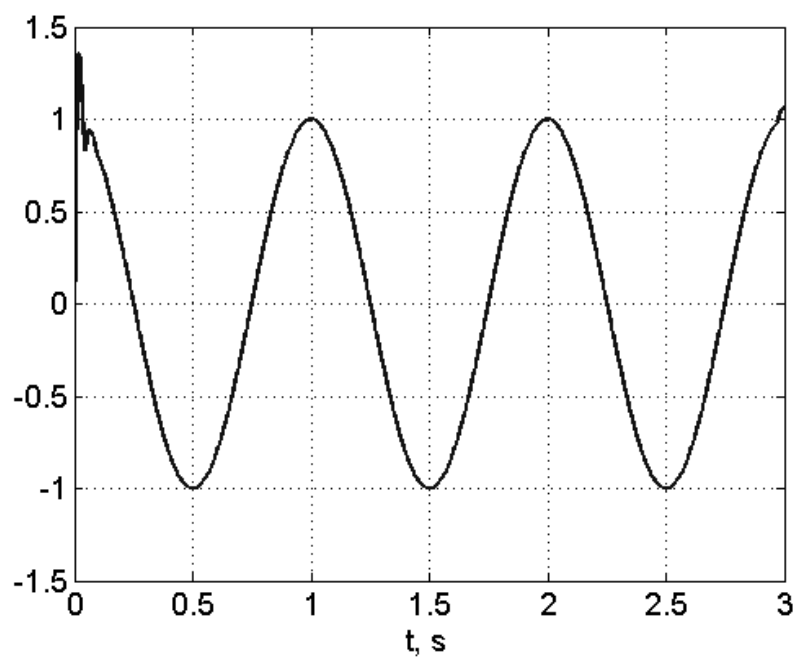


Рис. 9: Профильтрованный сигнал

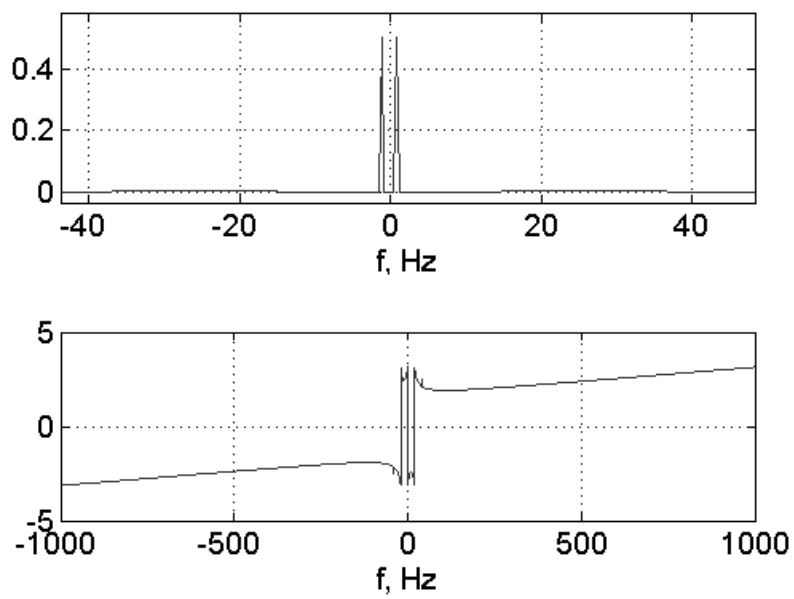


Рис. 10: Спектр профильтрованного сигнала

3 Выводы

В результате выполнения работы была изучена амплитудная модуляция/демодуляция сигнала. К преимуществам амплитудной модуляции относится точность передачи сигнала, а к недостаткам низкий КПД и широкий спектр.